

既有建筑改造系列创享会（第一期）

公建项目改造技术的探索与实践

谷志旺

上海建工四建集团有限公司

副总工

分享主题：

城市更新的数字实践



城市更新的数字实践

汇报人：谷志旺



上海建工四建集团有限公司

2022年12月13日

CONTENTS

目录

1

引言

Overview

2

关键技术

Key Technology

3

典型案例

Typical Case

4

展望

Prospect

PART 1st
Overview

1 引言

- 当前政策
- 面临的问题



1

引言

Overview

上海等大型城市的建设
从**大拆大建的外延式扩张**
向**内涵式的城市更新**发展

城市更新是当前中国城市发展的
热点、城市建设管理的重点





《关于在城乡建设中加强历史文化保护传承的意见》 中共中央、国务院

加强制度顶层设计，建立分类科学、保护有力、管理有效的**城乡历史文化保护传承体系**
既要保护**单体建筑**，也要保护**街巷街区、城镇格局**

《关于在实施城市更新行动中防止大拆大建问题的通知》 住建部

坚持“**留改拆**”并举、以**保留利用提升**为主
加强**修缮改造**，补齐城市短板，注重提升功能，增强城市活力

《上海市城市更新条例》 上海市人大2021年8月25日通过

坚持“留改拆”并举、以保留保护为主

遵循规划引领、统筹推进，政府推动、市场运作，数字赋能、绿色低碳，

民生优先、共建共享的原则

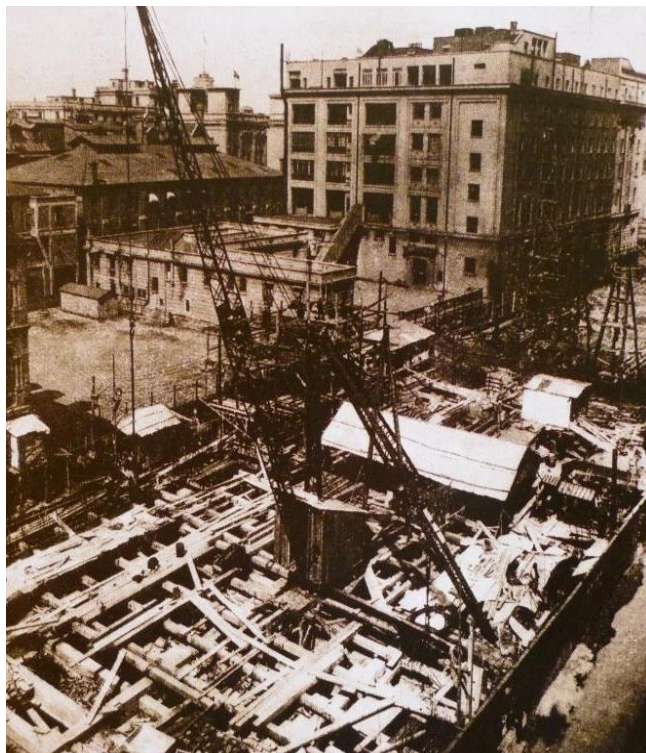


城市更新的数字化需求

原始资料缺失 信息获取难

- 原始建造资料缺失
- 传统工艺材料不明
- 历次改造信息不全

需要**收集整理历史资料**

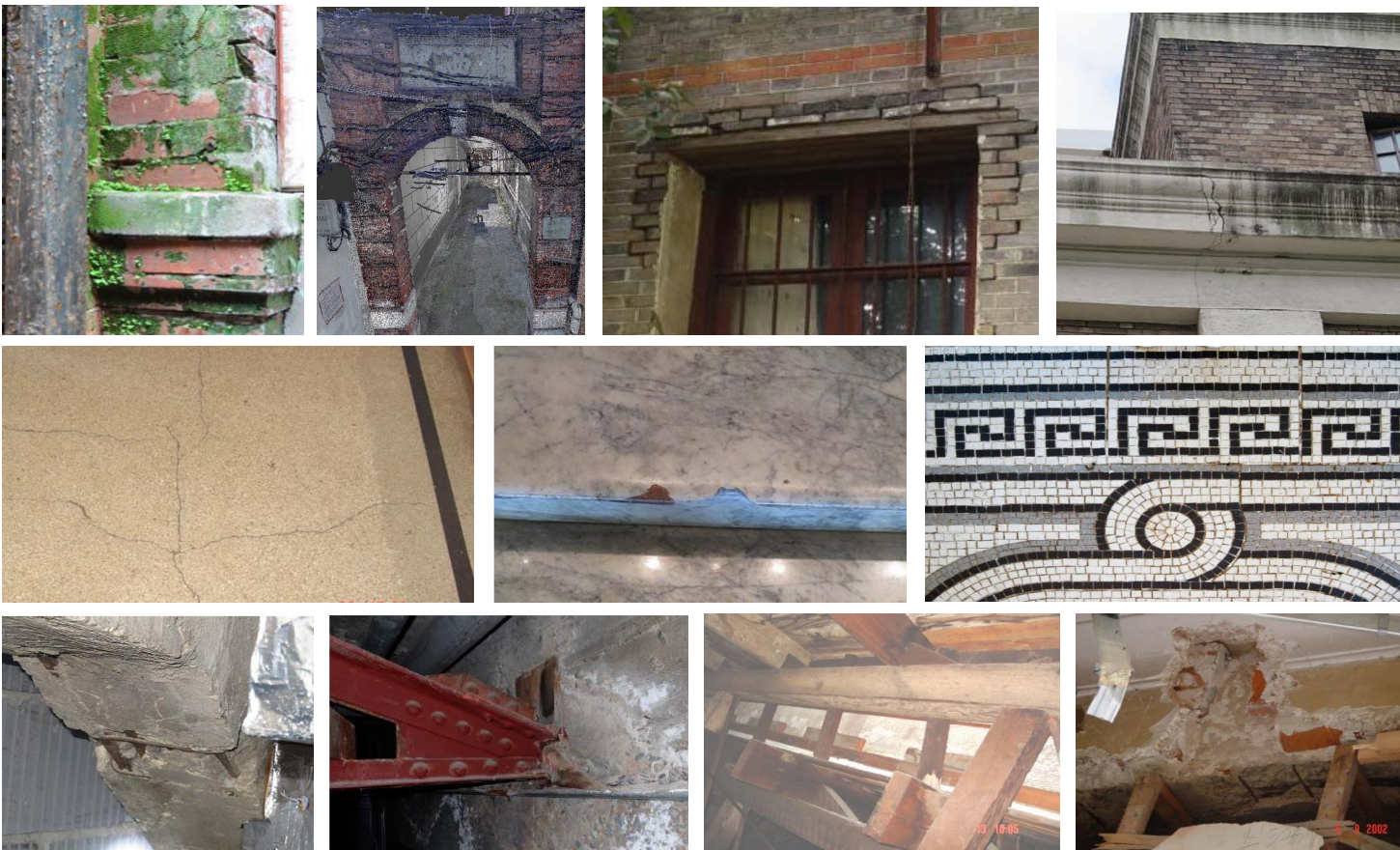


城市更新的数字化需求

长期服役劣化 损伤诊断难

- 损伤种类多样
- 损伤情况复杂
- 诊断经验为主

需要**精准科学查勘诊断**



1 引言

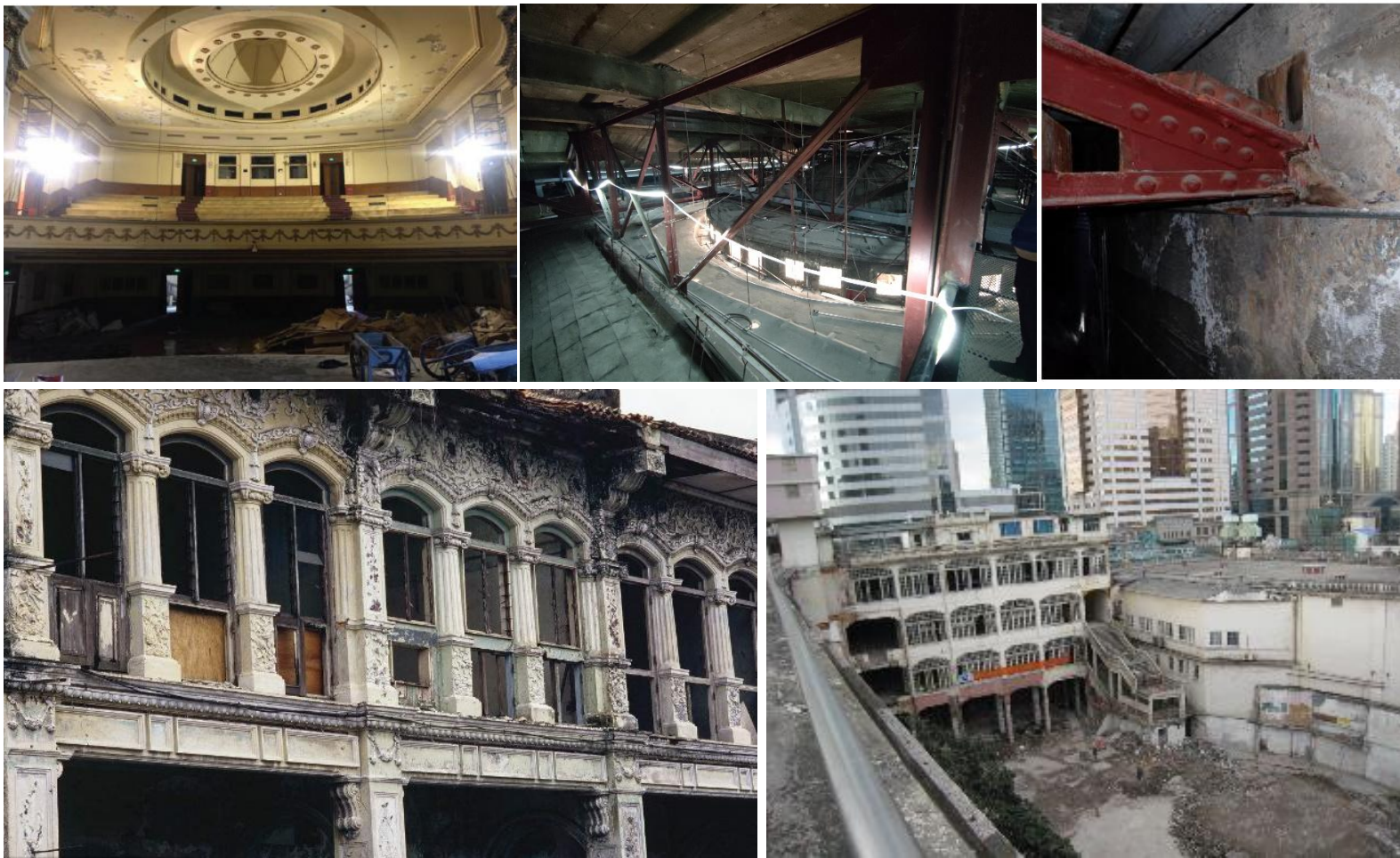
Overview

城市更新的数字化需求

结构长期服役 安全风险高

- 结构本体安全
- 更新改造安全
- 周边环境安全

需要**科学有效安全控制**



1 引言

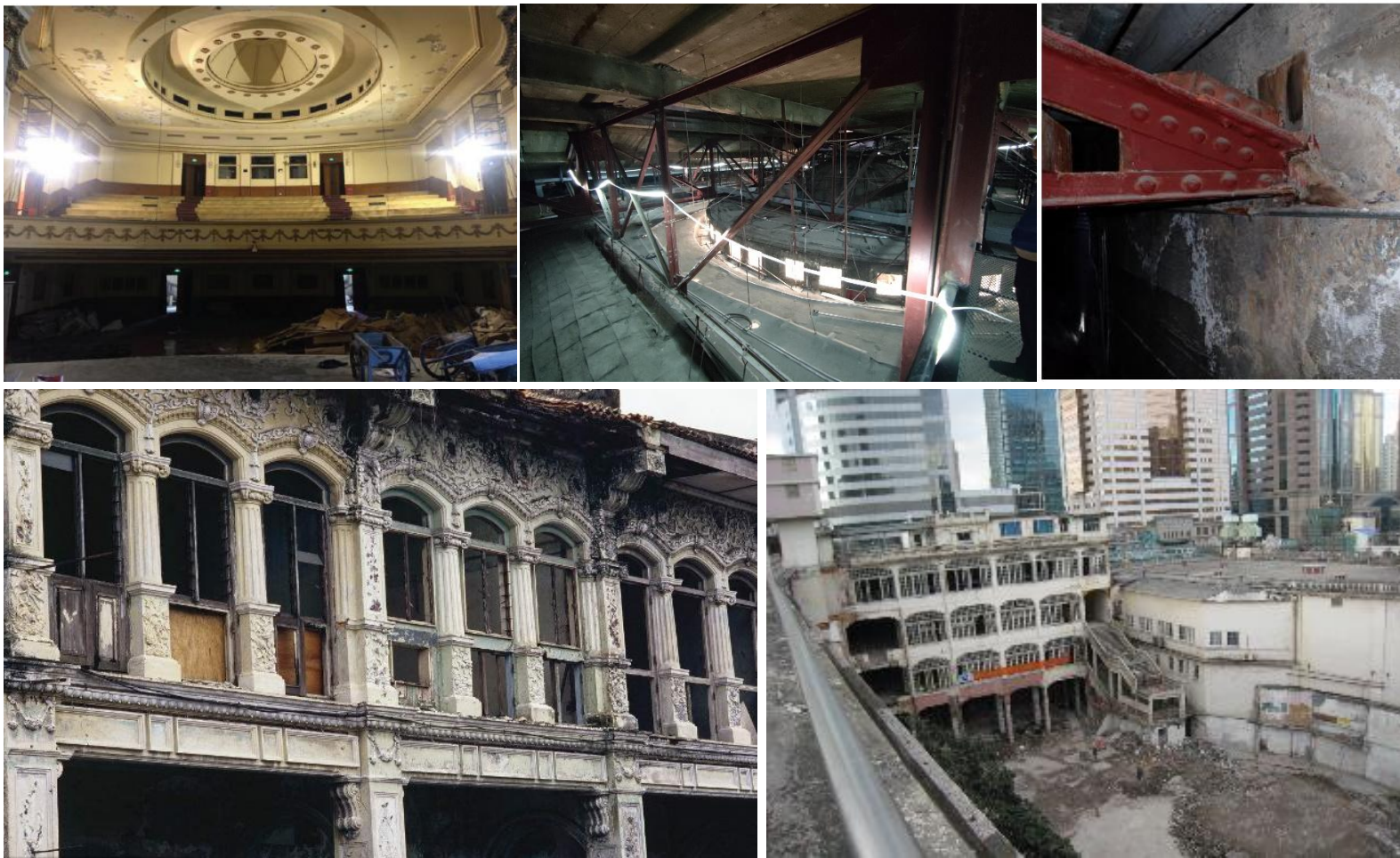
Overview

城市更新的数字化需求

周边环境复杂 绿色施工难

- 城市中心区
- 室内作业多
- 不间断运营

需要**绿色高效组织施工**





PART 2nd

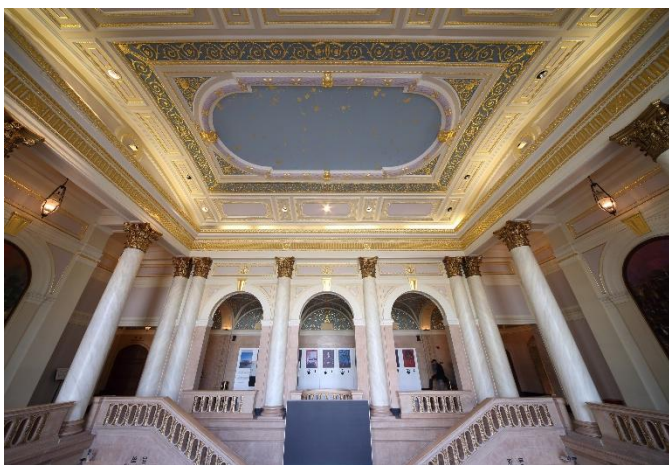
Key Technology

2 关键技术

- 数字化测绘
- 数字化查勘
- 数字化检测
- 数字化施工
- 数字化监控



- 外立面复杂
- 装饰细节多
- 空间曲线多



传统
测绘
方法



2 关键技术

Key Technology

2.1 数字化测绘

2.2 数字化查勘

2.3 数字化检测

2.4 数字化施工

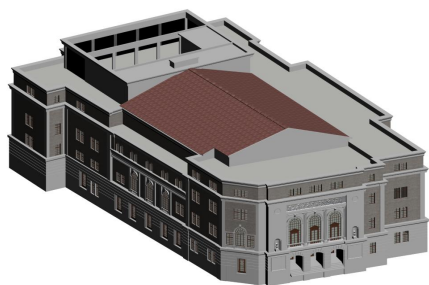
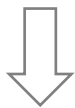
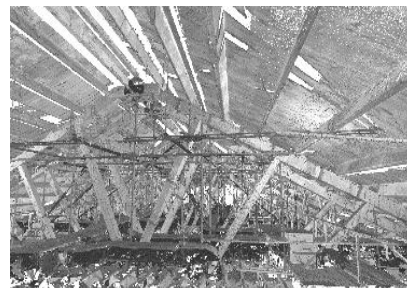
2.5 数字化监控

□ 技术手段

- 三维扫描
- 近景测量
- 逆向建模

□ 关键技术

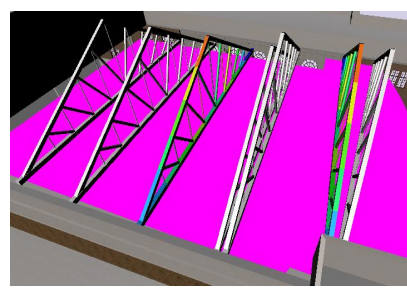
- 点云信息获取
- BIM模型构建
- 艺术纹样翻绘
- 数值模型构建
- 复杂造型建模



BIM模型构建



艺术纹样翻绘

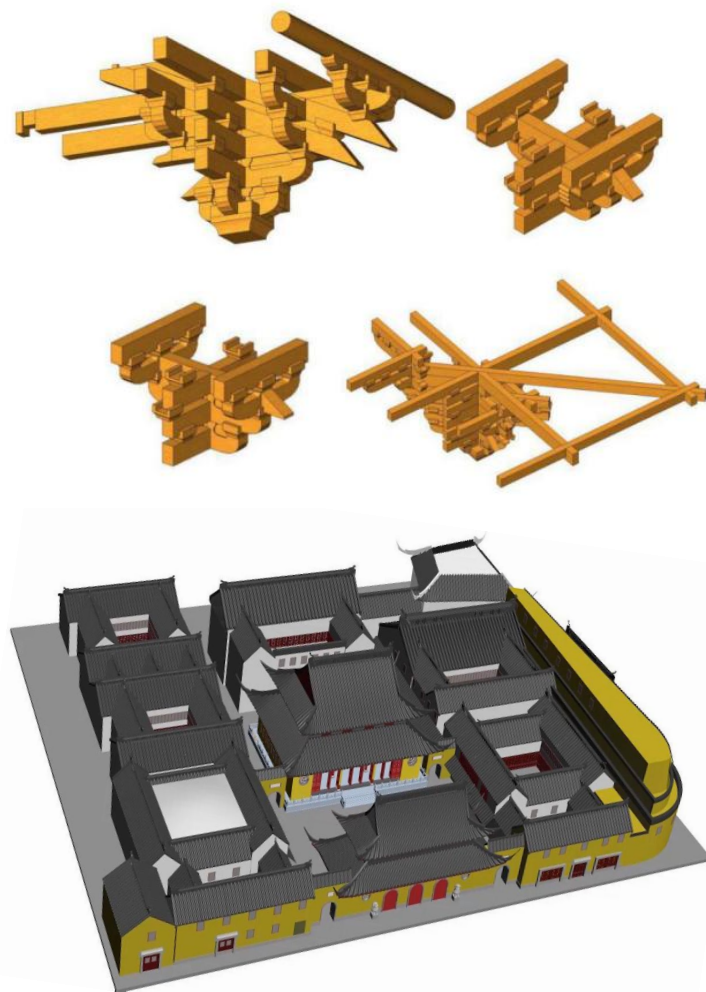
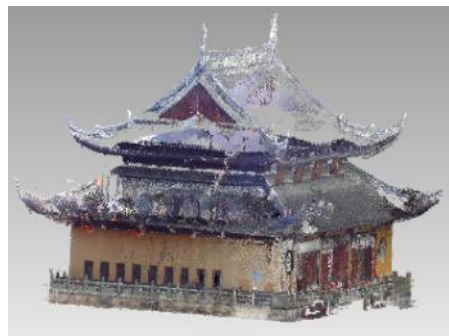
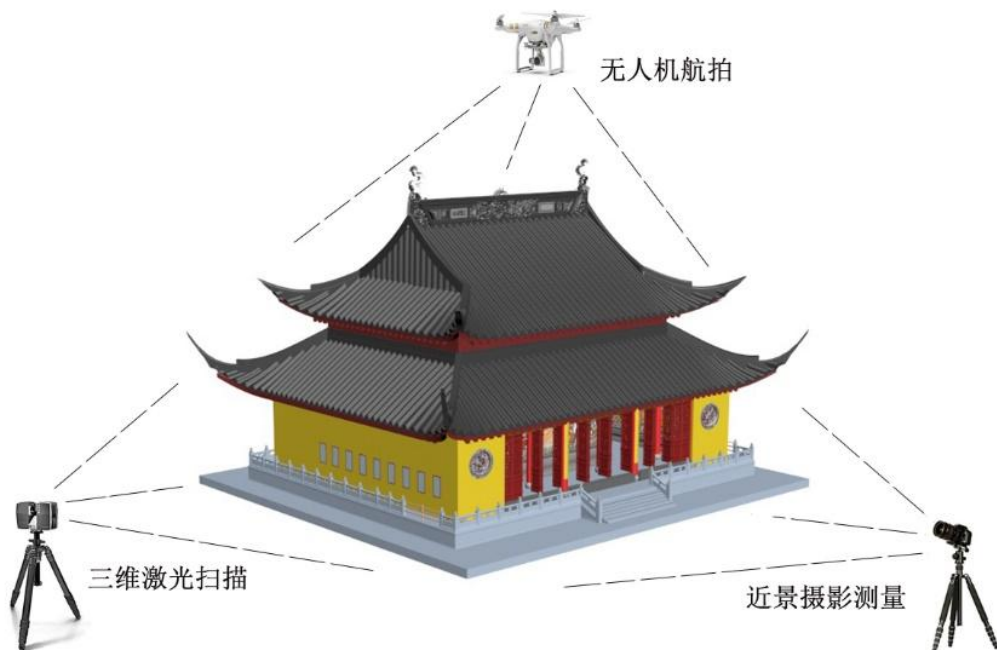


有限元模型构建



复杂造型数字化

多源数据融合的古建筑数字化测绘



多维全息历史风貌数字化采集

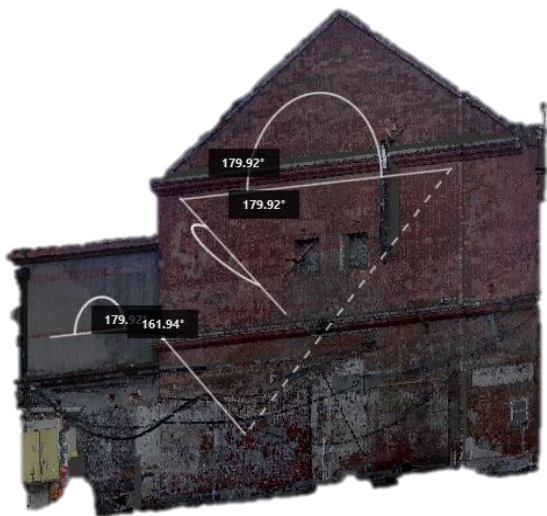


多源数据融合下的损伤精确查勘

- 三维矢量实测标注
- 墙体变形精确分析



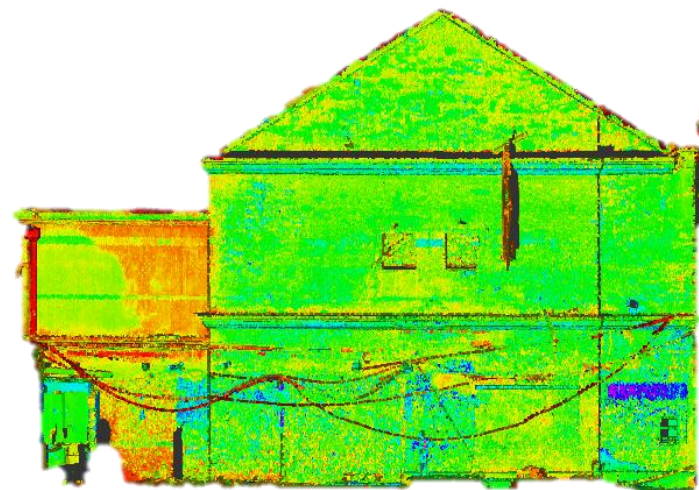
摄影测量三维模型



墙体弓凸情况全方位测算分析



墙体倾斜与平面内转角分析



墙体损伤情况可见光与红外热像分析

饰面空鼓智能识别与诊断

□ 技术手段

- 红外热像法
- Matlab算法

□ 关键技术

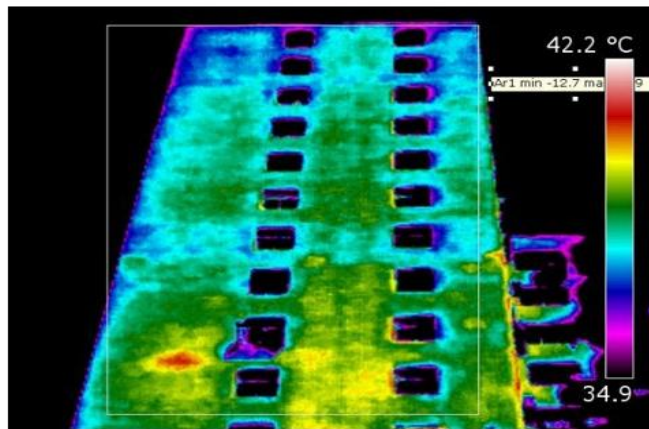
- 空鼓率定量评估
- 空鼓位置自动标注

□ 实施效果

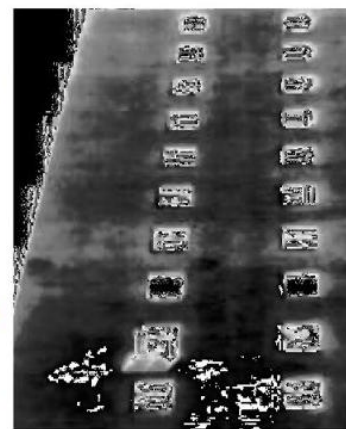
- 快速、精准、无接触



上海爱乐乐团外墙空鼓红外检测



红外图像



灰值图像



二值化图像

特色部位表面损伤智能识别与诊断

□ 技术手段

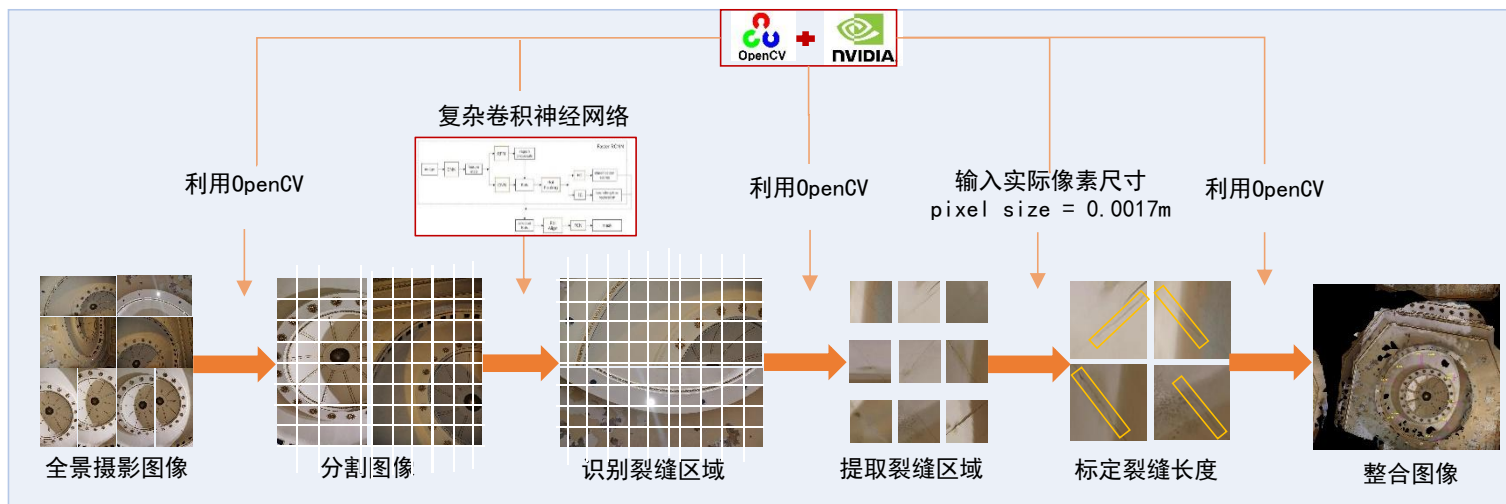
- 图像识别
- 神经网络
- 计算机视觉

□ 关键技术

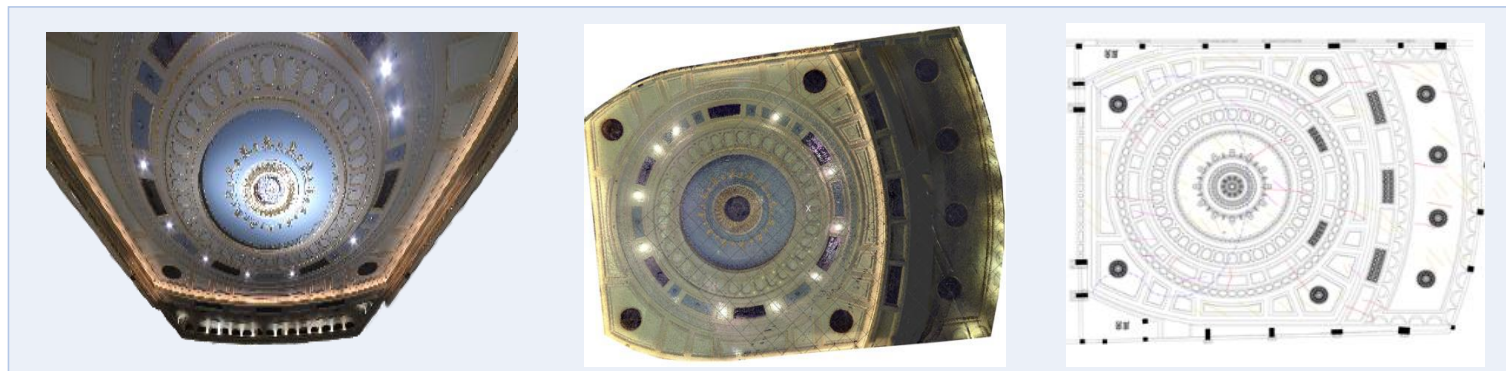
- 标定裂缝长度
- 标定裂缝宽度
- 标定裂缝分布

□ 实施效果

- 快速、精准、无接触



损伤诊断技术原理图



音乐厅观众厅大顶损伤识别

基于AI的清水砖墙典型损伤诊断与评估技术

□ 技术手段

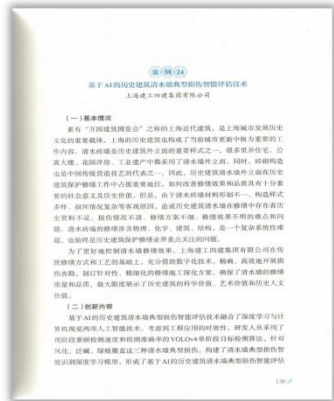
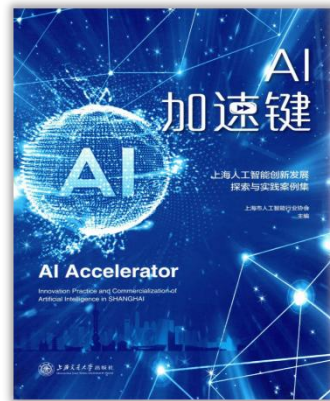
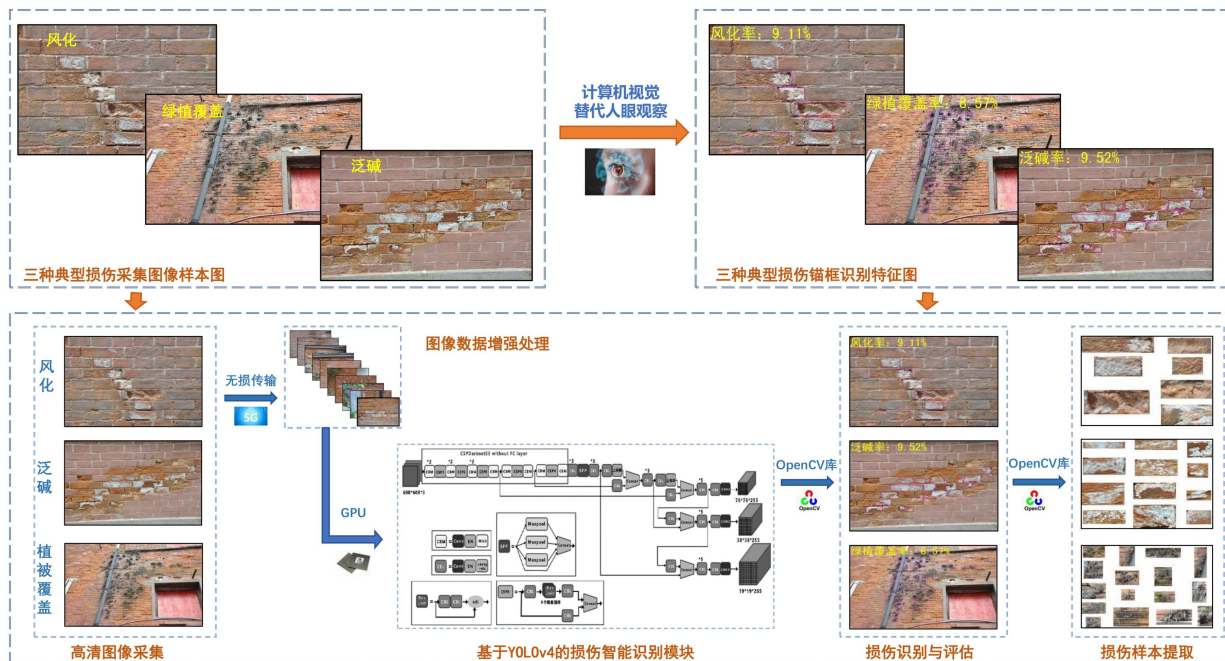
- 神经网络
- 计算机视觉

□ 关键技术

- 标注损伤位置
- 自动计算损伤率
- 损伤库自动迭代（机器学习）

□ 实施效果

- 快速、精准、无接触
- 成功入选2021年世界人工智能优秀案例集



特色部位材料配比数字化分析

□ 技术手段

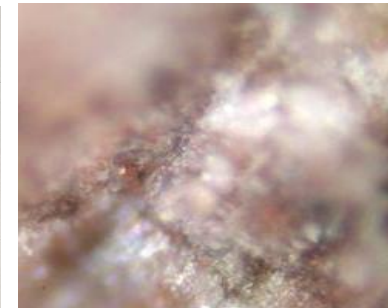
- 光电显微镜
- 拉曼光谱仪

□ 关键技术

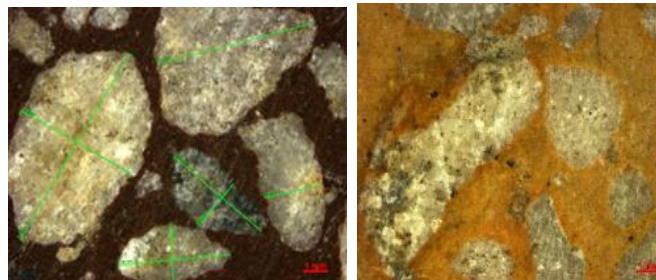
- 原材料成份分析
- 原材料配比分析
- 原材料色彩分析



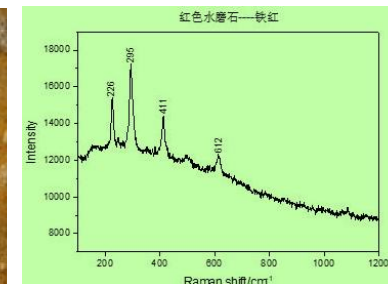
水磨石样本材料



铁红矿物质成份



水磨石样本粒径分析



材料成份峰值谱



水磨石复原小样

水磨石复原效果

水磨石配比信息智能分析仪

□ 设备功能

- 实现水磨石配比无损快速分析与复原效果评价

□ 关键技术

- 骨料配比分析
- 胶凝材料分析
- 材料颜色分析

□ 实施效果

- 快速、精准、无损（无需取样）

上海建工四建集团有限公司
Shanghai Construction No.4(Group) Co., Ltd.



尺寸	265mm×160mm×95mm ¹
总重量	0.987kg ¹
外壳材料	光敏树脂（UV树脂）
操作系统	Android 11.0
内存	256GB
续航时间	5h
充电方式	Type-C/Micro-USB 双插口
尺寸测量精度	±0.005mm ²
防水等级	IP3
防尘等级	IP5
建议使用温度/湿度	0℃-35℃/35%-85%
光源种类及规格	5050-60珠 5V 滴胶LED柔性灯带
配件	工业级便携手提箱、缓冲垫、电源适配器（2个）、充电线（2个）

水磨石配比信息智能分析仪

¹ 由于SLA打印工艺差异性，不同批次加工的产品尺寸及总重量会产生少许误差；
² 此精度以人工拉尺测量结果为准确值进行校核。

上海建工四建集团有限公司
Shanghai Construction No.4(Group) Co., Ltd.



◆ 两条“水流”交互，代表水磨石各组分融合配制过程
◆ 两个“S形”聚合，寓意四建集团（SCG4）致力科学修缮（Scientific renovation）
◆ 采用绿蓝配色，蕴含“绿色建筑”、“低碳管建”的理念



输入信息 → 图像采集 → 自动分析 → 生成报告 → 记录回溯

水磨石配比信息智能分析APP

水磨石配比信息智能分析仪

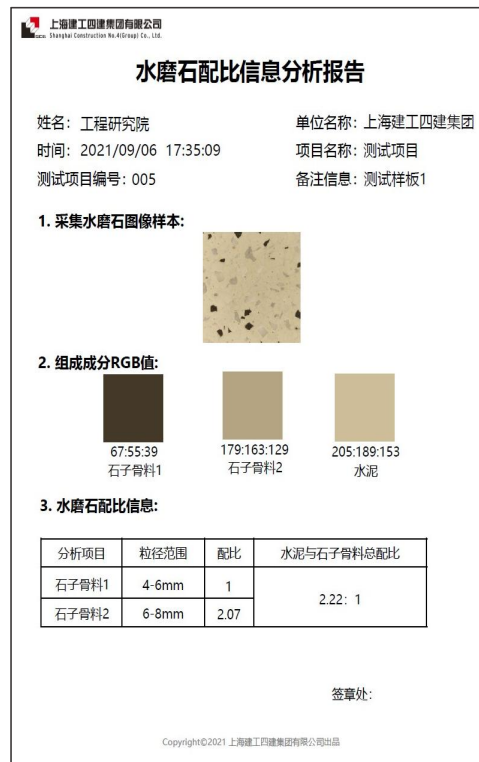
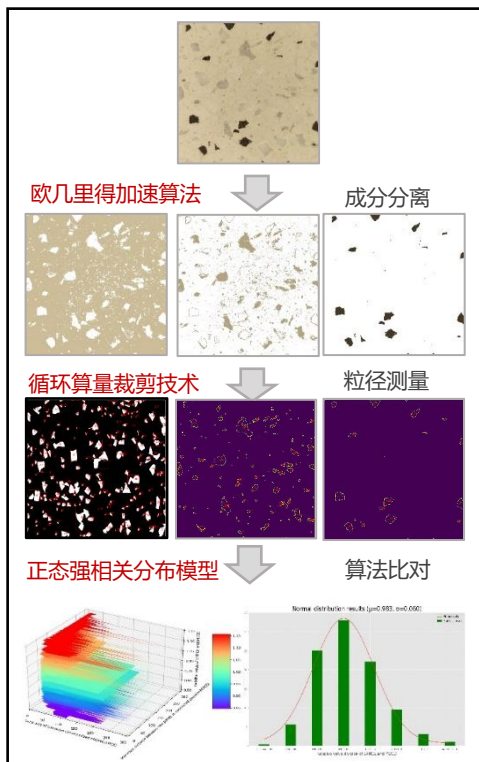
自主研发的轻量级图像测量算法—K-LAMCE算法

□ 算法功能

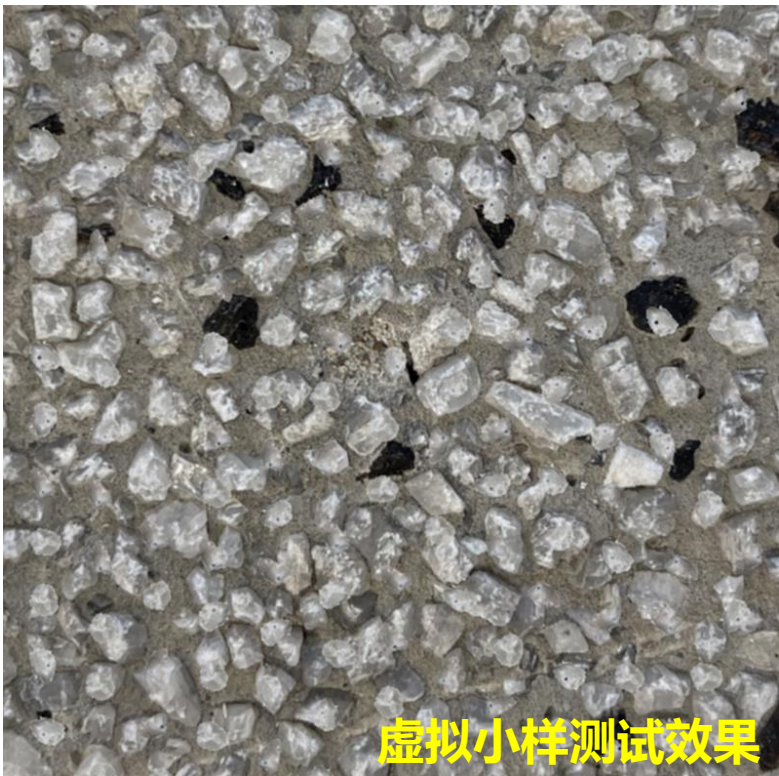
- 实现水磨石骨料、水泥成分快速分离
- 完成全面域骨料粒径智能测量计算
- 自动生成水磨石复原修缮工艺交底书

□ 核心原理

- 多维欧几里得空间几何原理
- mini-batch理论与图像形态学



水刷石虚拟样板



规格 (俗称)	粒径 (毫米)	颜色	质量要求
大八厘	约8	常用黑石渣、白石渣、黄石渣等；桃红、翠绿及肝石	颗粒坚硬有棱角、洁净、不含风化石渣
中八厘	约6		
小八厘	约4		
米粒石	2~6		

罩面用水泥石渣浆配合比

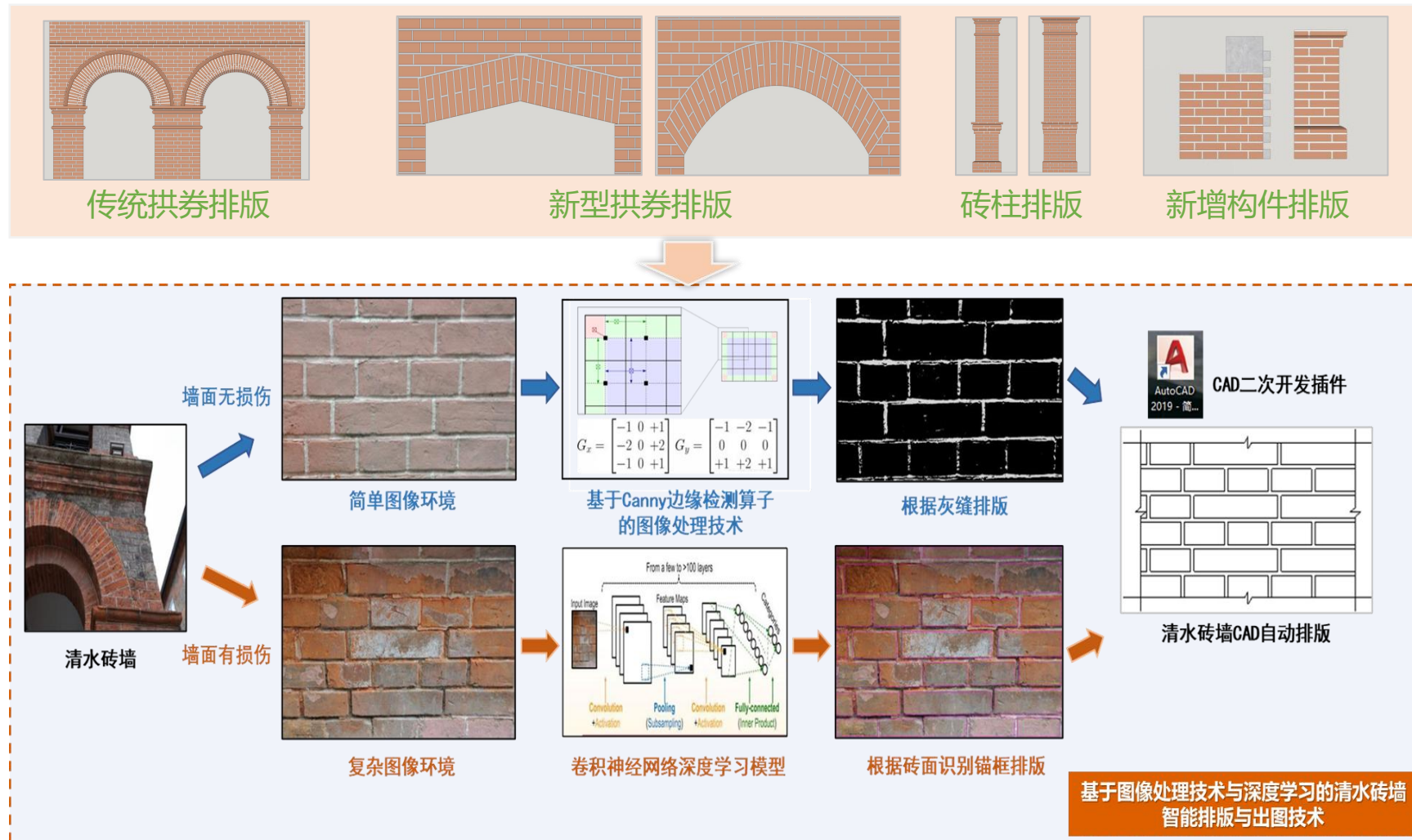
石渣规格	大八厘	中八厘	小八厘	米粒石
水泥：石渣 (体积比)	1:1	1:1.25	1:1.5	1:2 1:2.5 1:3
附注	为了颜色协调，可加入石灰膏代替部分水泥使用，不超过水泥量的20%；或者加入小于1%的矿物颜料。			

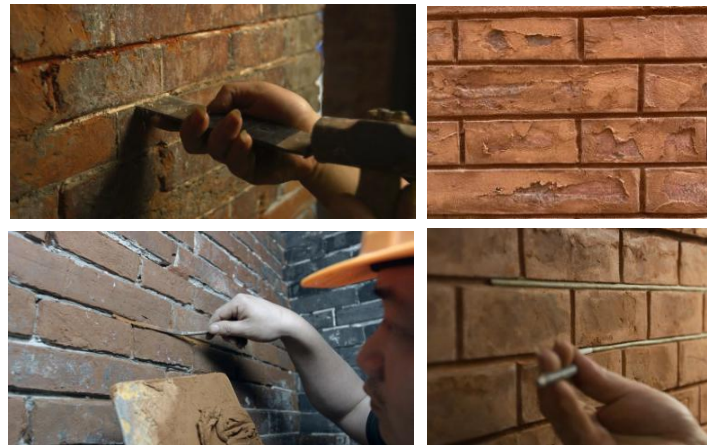
罩面水泥石渣浆每百平方米用料表

配合比 (体积比)		1:1	1:1.25	1:1.5	1:2	1:2.5	1:3	罩面厚度 (毫米)
名称	单位	数量						
水泥	公斤	950	880	800	700	630	570	8
		1140	1050	980	830	740	670	10
		1340	1220	1110	960	850	770	12
石渣	立方米	0.94	1.03	1.12	1.25	1.34	1.41	8
		1.17	1.29	1.40	1.56	1.68	1.76	10
		1.40	1.55	1.68	1.87	2.01	2.11	12

基于计算机视觉的 清水砖墙自动排版

- 砖块识别
- 砖缝识别
- 自动排版

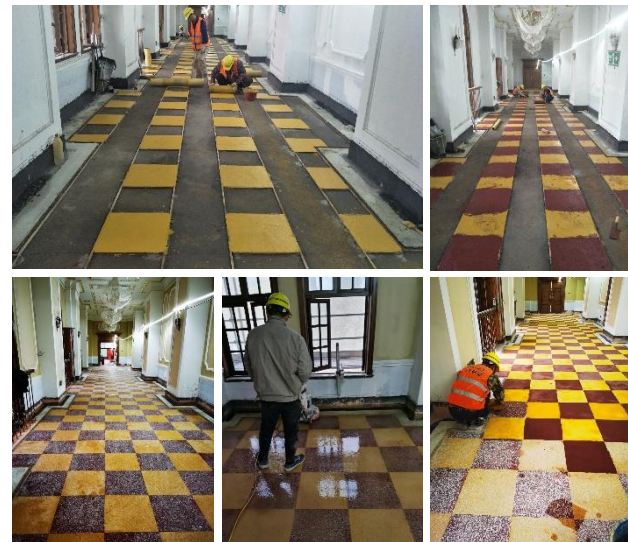




清水砖墙面原真性修复工艺

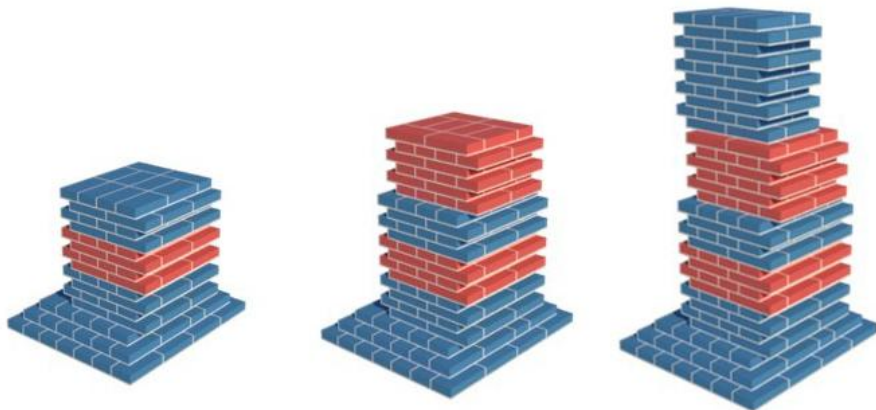
传统工艺数字化传承

- 清水砖墙面修复工艺
- 水磨石地面修复工艺



水磨石地面原真性修复工艺

传统工艺三维可视化技术交底



高层建筑结构整体置换复杂工况时变结构数值分析

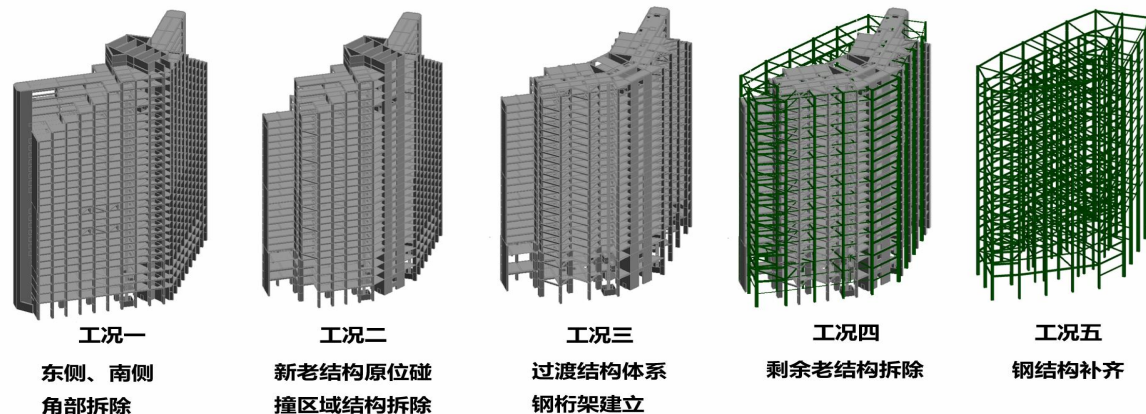
- 基于工况模拟和连续动态仿真分析相互验证
- 基于施工过程的改建连续工况仿真分析



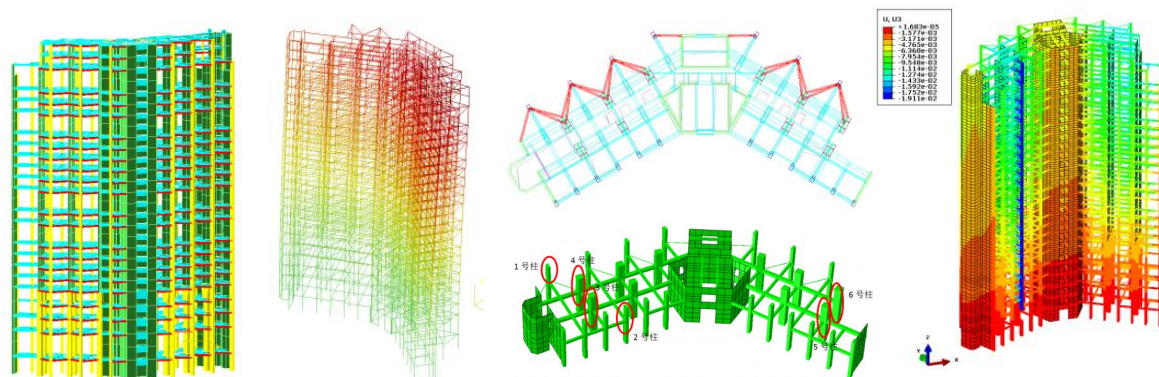
锦沧文华改造前



锦沧文华改造后



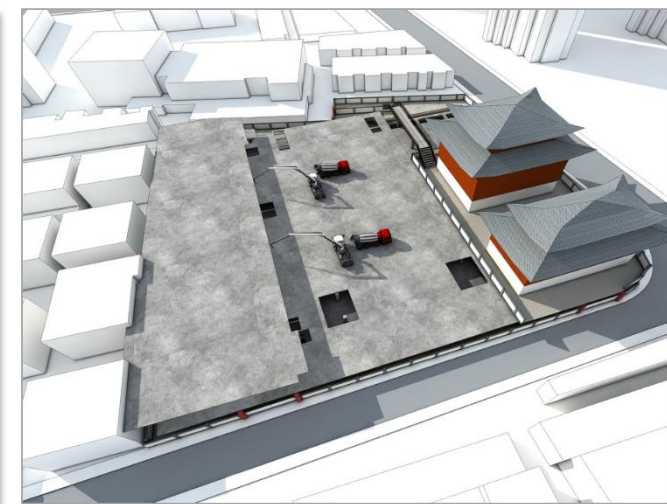
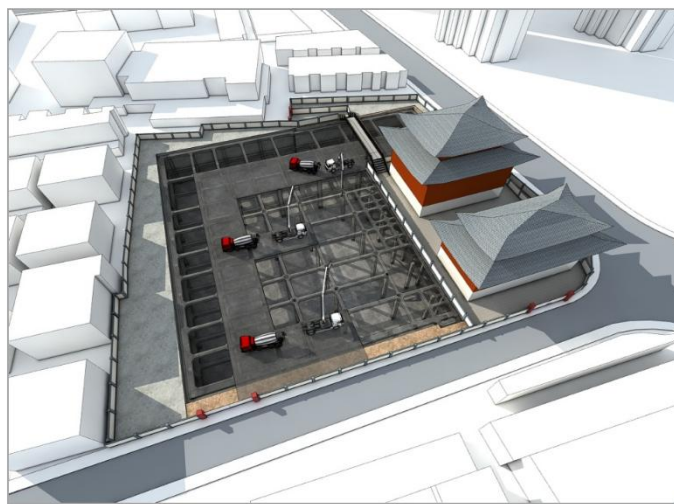
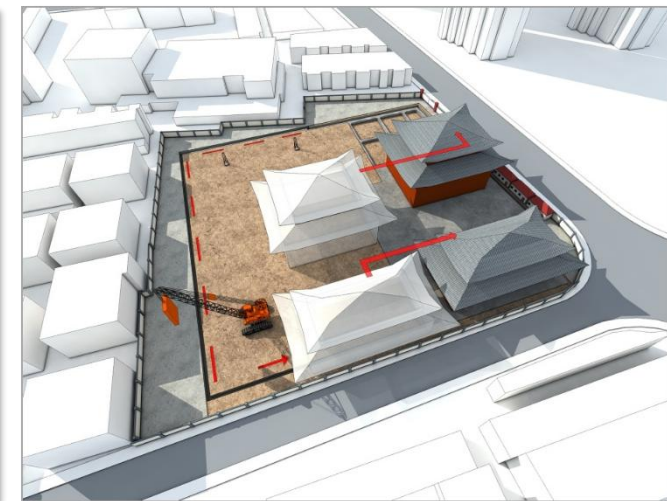
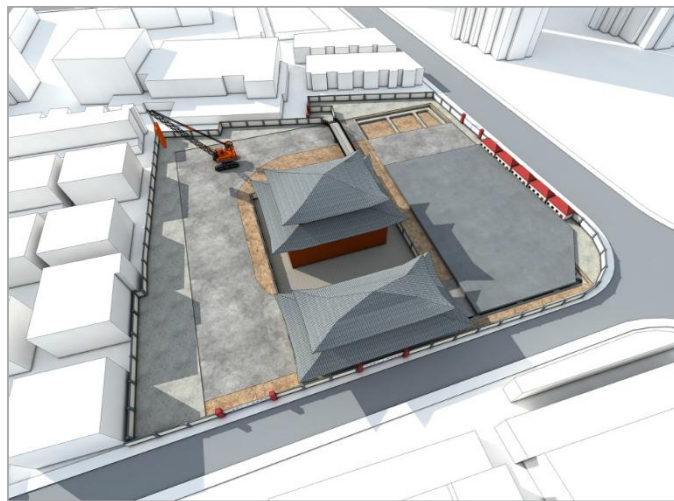
高层建筑整体结构置换BIM施工工况模拟



结构有限单元法分析

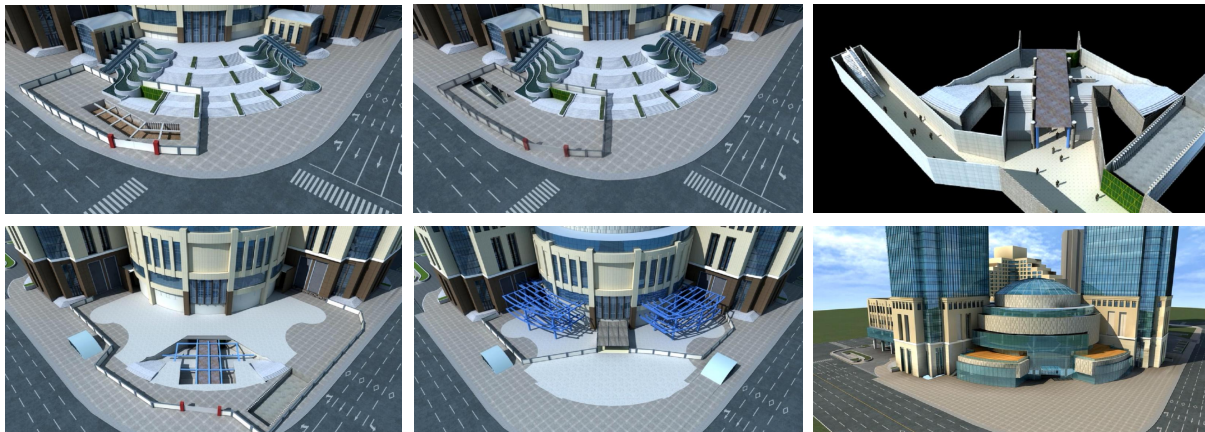
既有建筑原位地下空间开发

- 建筑二次移位+顶升可行性
- 分区分段施工总体部署
- 顺做法+逆作法施工模拟分析



公共建筑不停业改建

- 运营保障
- 交通组织
- 安全防护
- 绿色施工



港汇广场地铁连通道与大台阶改造施工数字化模拟



改造前的室外现状



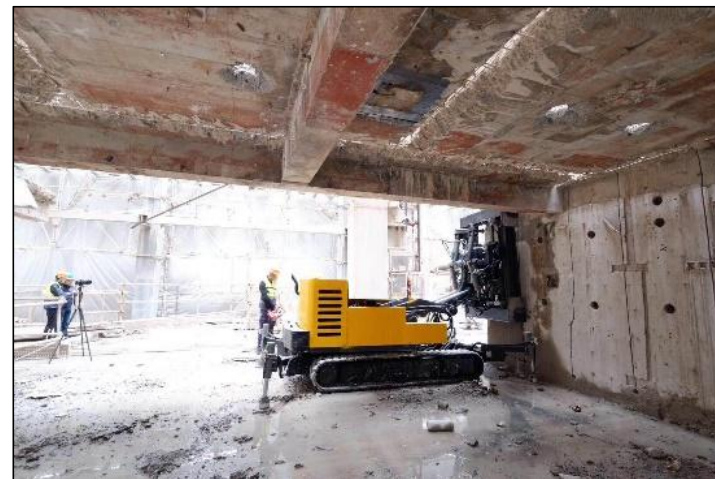
改造后的室外效果图



改造后的室外交通组织示意图

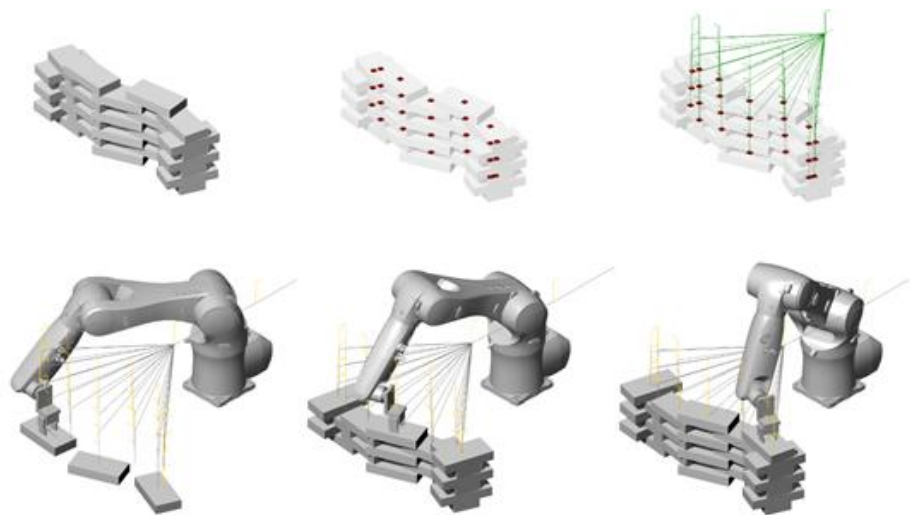
拆除机器人

- 低净空拆除作业
- 低环境影响



砌筑机器人

- 基于Rhino的清水墙虚拟砌筑技术
- 基于SLAM的高精度自动导航及定位技术



上海玉佛禅寺大雄宝殿移位

- 世界首例木结构文物建筑带佛像整体平移顶升工程
- 整体向北平移30.66m，向上顶升0.85m



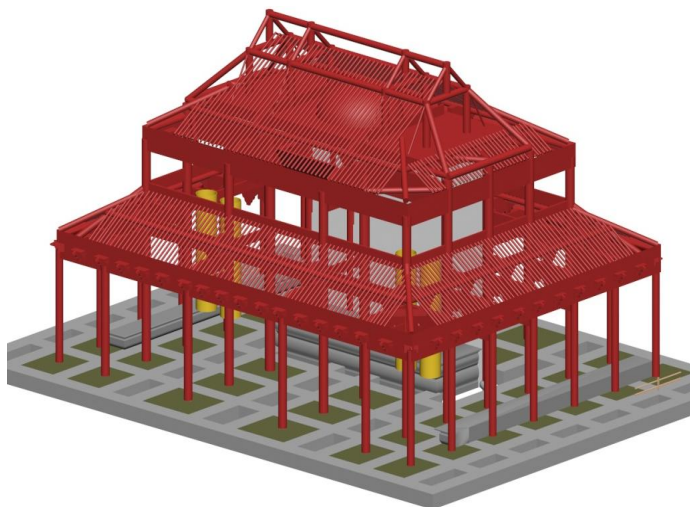
改造前



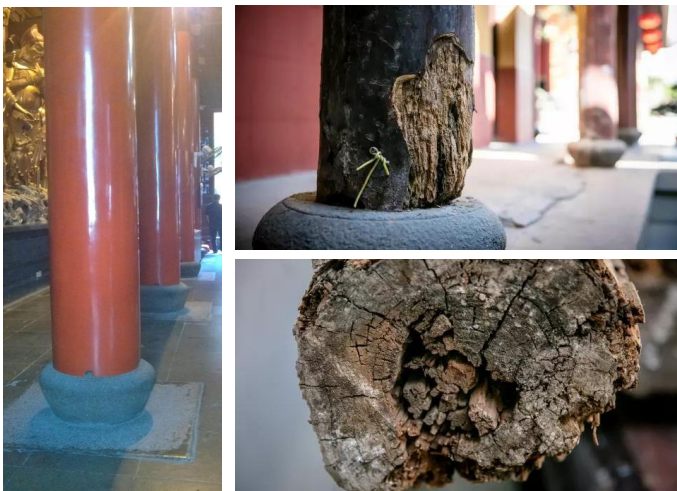
平移中



改造后



结构整体性较弱，抗扰动变形差



部分木柱老化空心，损坏较为严重



移位难点

□ 结构整体性差，保护要求高

- 节点开裂、松动
- 构件损坏变形

□ 文物佛像强度低、保护难度大

- 泥塑而成、形态各异
- 四周无任何支撑

泥塑佛像（文物）和大雄宝殿同步平移

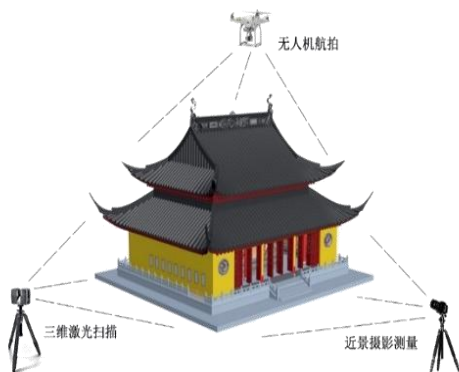
史无前例，风险大，安全控制要求高

建筑移位远程智能监控平台

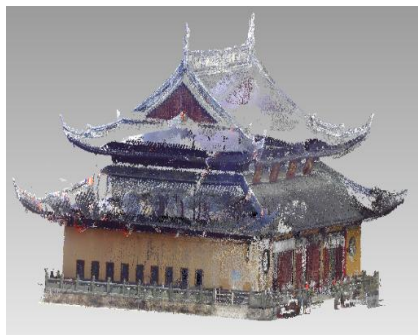
- 多源数据融合的古建筑BIM模型构建技术
- 面向网络化应用的BIM模型轻量化技术
- 基于物联网和BIM的建筑移位远程监控平台



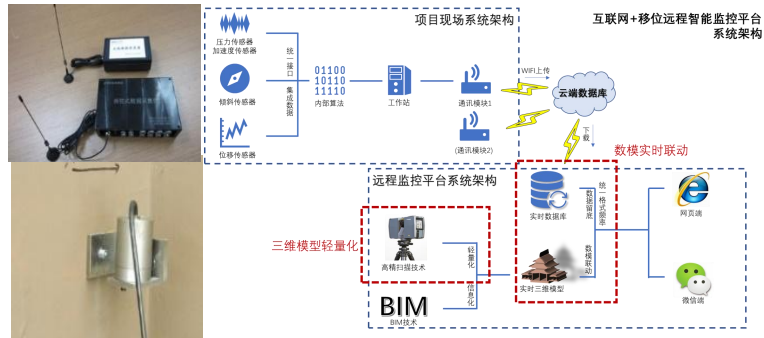
上海建筑改建与持续利用工程技术研究中心 上海建工四建集团有限公司 上海天演建筑物移位工程股份有限公司



多源数据融合的大雄宝殿BIM模型构建



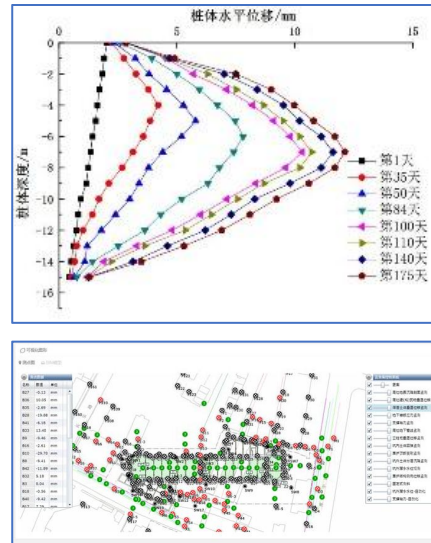
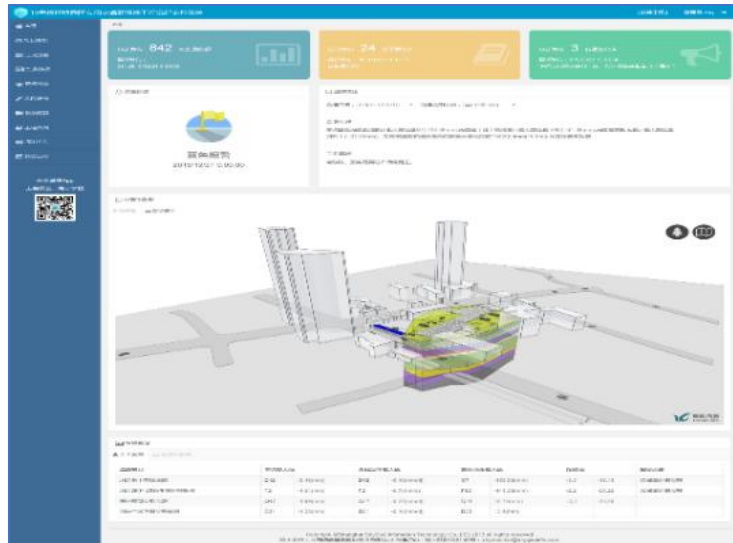
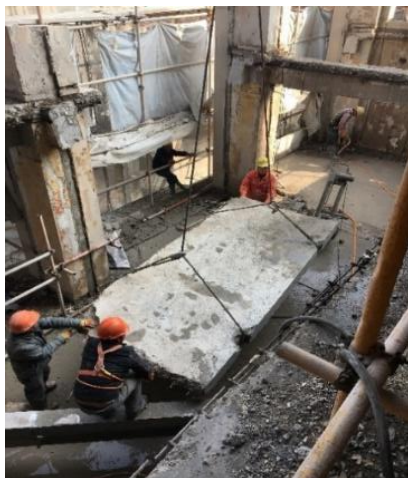
佛像BIM模型轻量化



基于BIM+物联网的动态监测数据集成

高层建筑结构改造智能监测平台

- 结构置换改造安全风险监测
- 结构置换与地下增层同步实施安全风险监测



PART 3rd

Typical Case

3 典型案例



- 上海音乐厅
- 数字孪生平台

3

典型案例

Typical Case

上海音乐厅

- 中国设计师设计**第一座**古典主义剧场
- 全国**第一座**专业型音乐厅
- 上海**第一批**优秀历史建筑
- 上海市文物保护单位



3

典型案例

Typical Case



上海音乐厅数字孪生

- 数字模型整合
- 历史信息集成
- 传统工艺传承
- 特色部位保护
- 健康安全监测
- 智慧运维管理

3

典型案例

Typical Case



1929~1930年间
建设中的南京大戏院



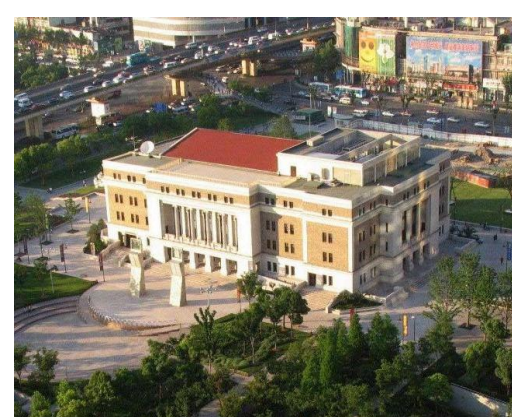
1932~1936年间
营业中的南京大戏院



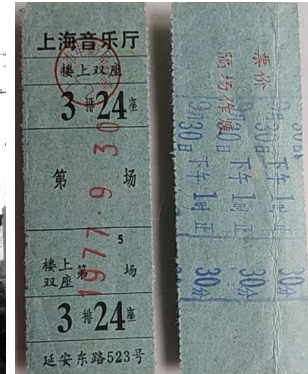
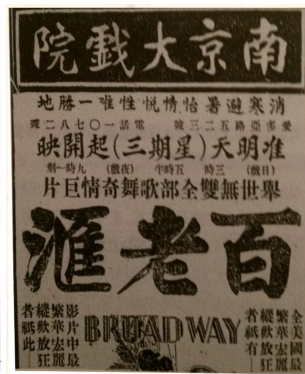
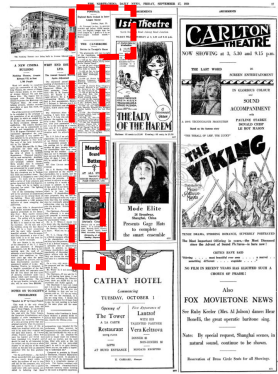
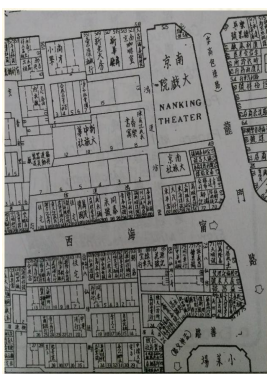
80、90年代间
上海音乐厅



04年移位修缮中的
上海音乐厅



04年移位修缮后
上海音乐厅



3

典型案例

Typical Case

建筑整体空间、特色部位数字化

- 建筑整体数字化模型
- 内部空间全景模型
- 特色构件数字化模型



大顶数字化模型



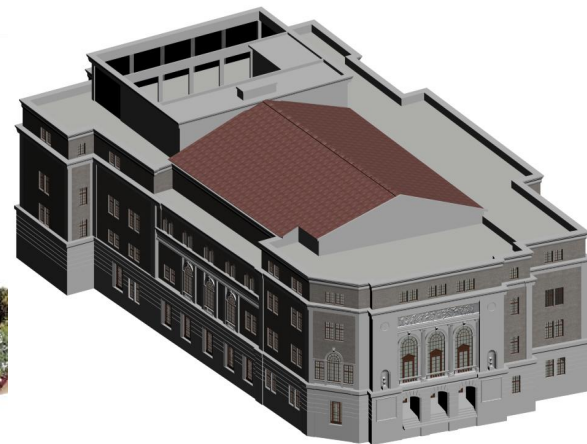
十字拱廊模型



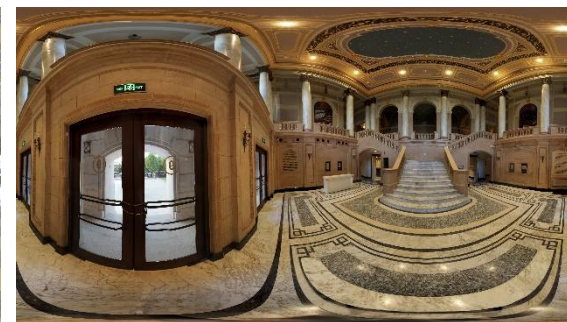
科林斯柱数字化模型



建筑点云模型



建筑数字化模型



内部空间全景模型

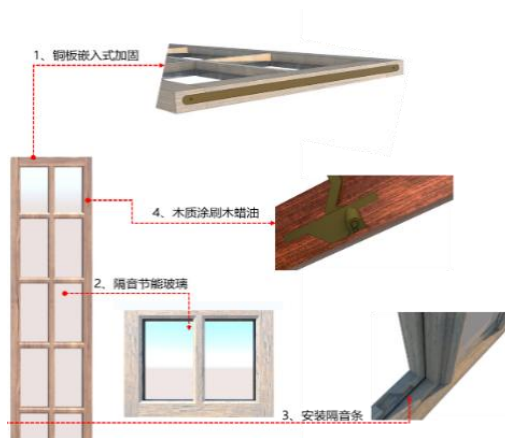
3

典型案例

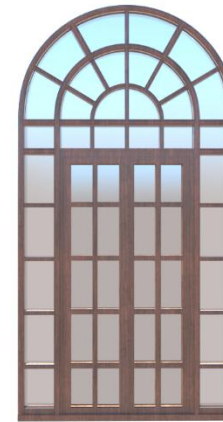
Typical Case

特色部位修缮信息数字化

- 传统材料数字化
- 传统构造数字化
- 传统工艺数字化
- 修缮记录数字化



柚木窗修缮构造数字化

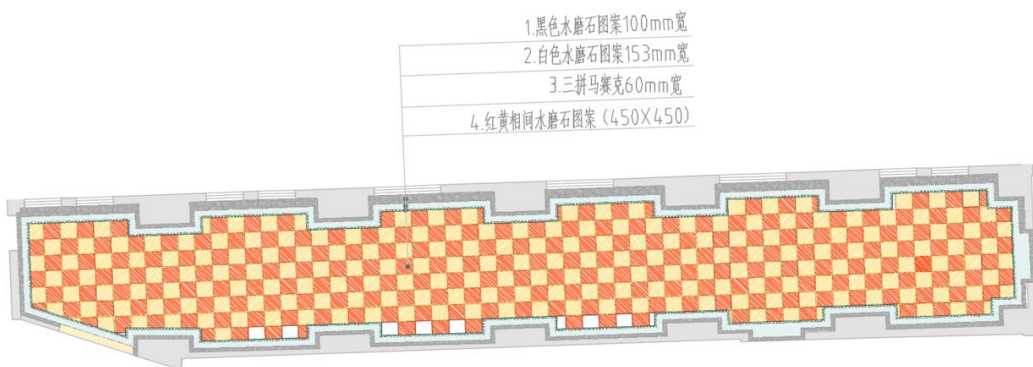


柚木窗修缮工艺数字化

深化设计

标准式样

材料组分



1、白水泥/硅酸盐水泥

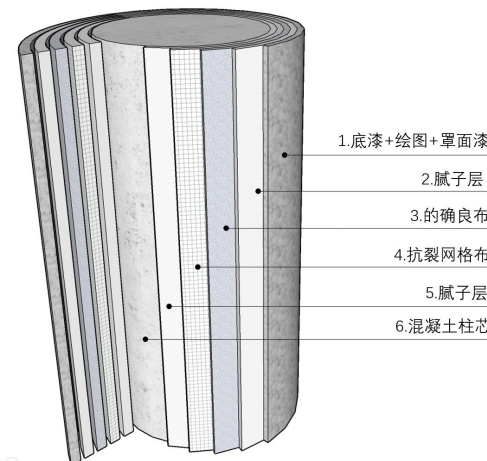
2、矿物质颜料

- ① 铁红色
- ② 铁黄色
- ③ 铁黑色

3、石粒 (粒径4~6; 配比1.4:1)

- ① 黑色砂石
- ② 白色砂石
- ③ 微晶石
- ④ 黄金玉石

水磨石材料信息数字化



科林斯柱内部构造数字化

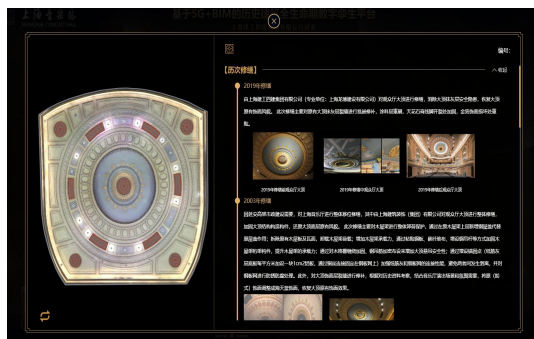
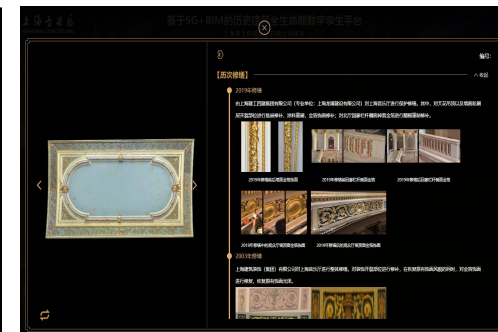
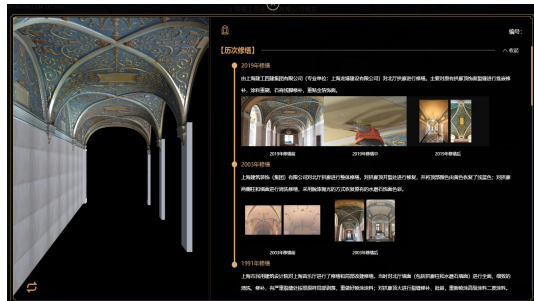
3

典型案例

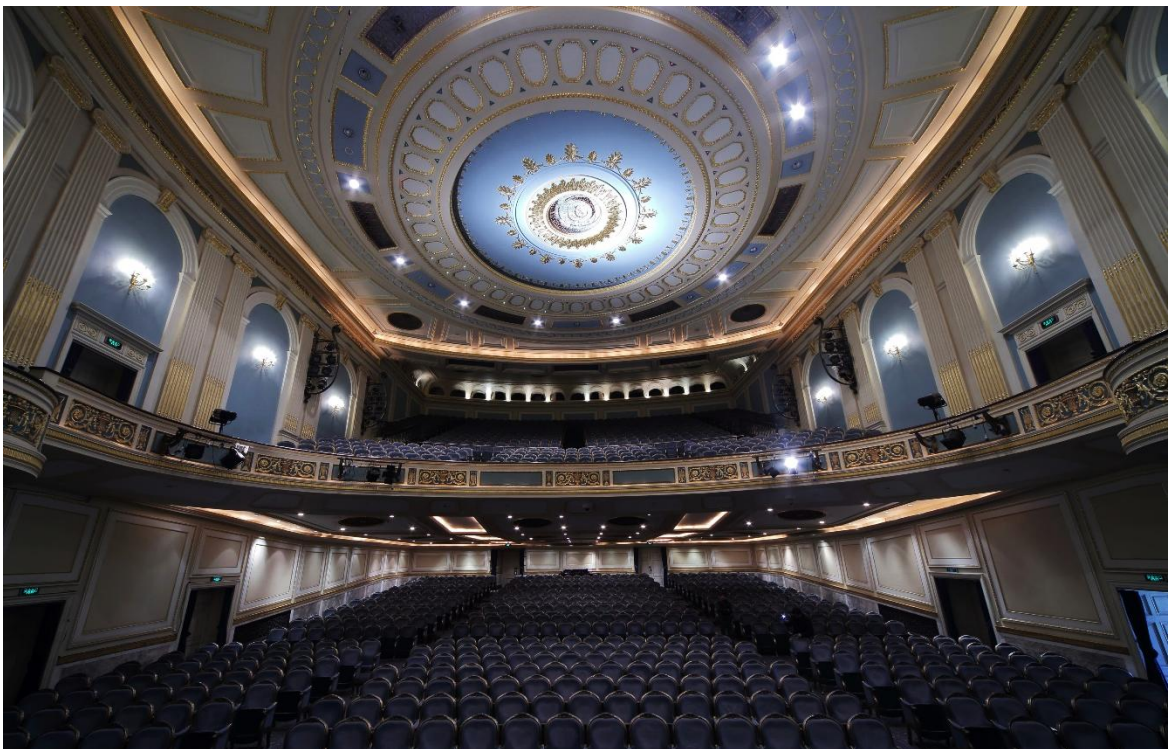
Typical Case

特色部位数字孪生

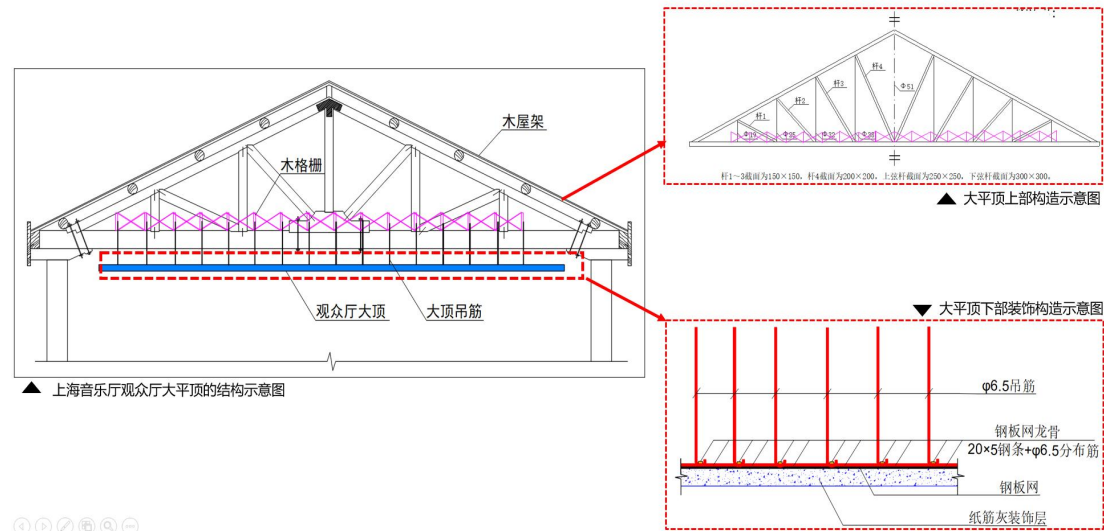
- 快速追溯特色部位信息，为文物建筑全生命期修缮提供支撑
- 文物建筑特色部位全方位展示，便于文化与艺术价值的宣传



观众厅大顶特征部位构造



上海音乐厅观众厅大顶



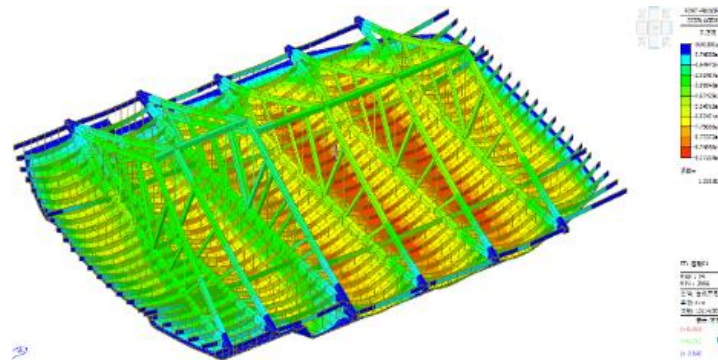
④ ③ ② ①



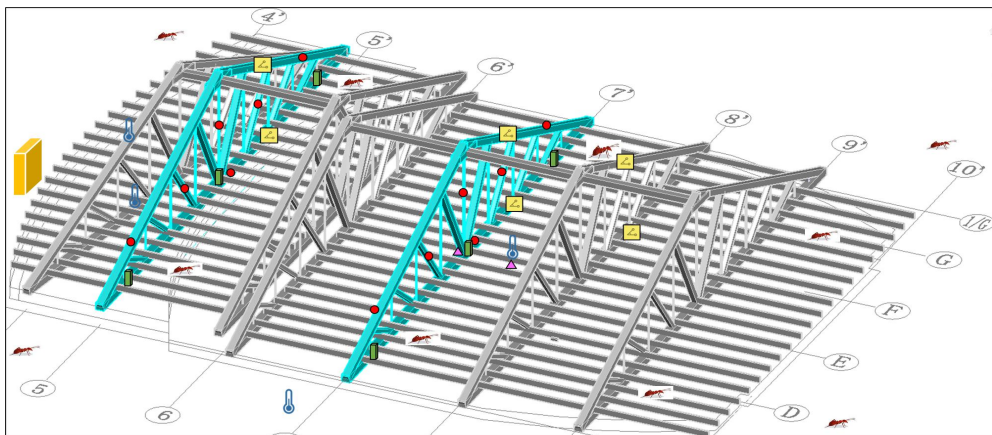
观众厅大顶结构构造

服役状态下的大顶安全实时监测

- 复杂构造特征下的场馆大顶安全性能分析
- 大顶安全性能远程实时监测

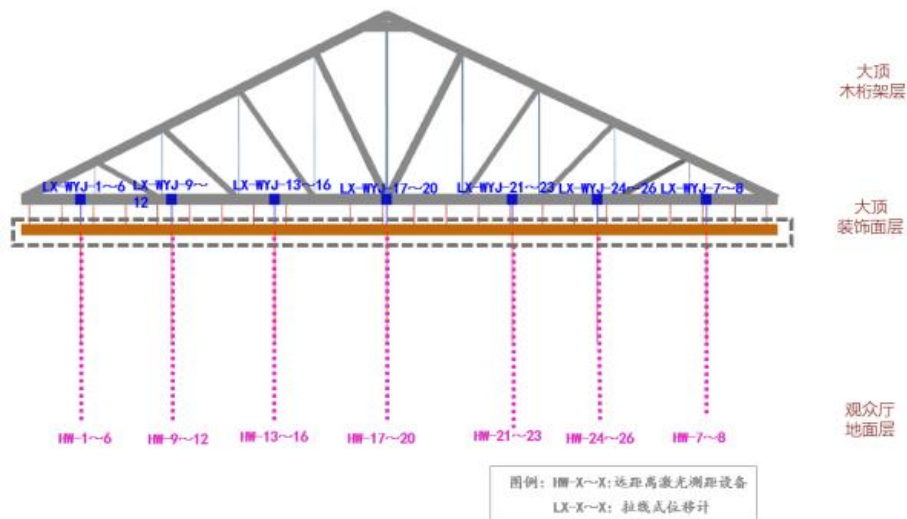


服役状态下的大顶有限元数值模拟分析



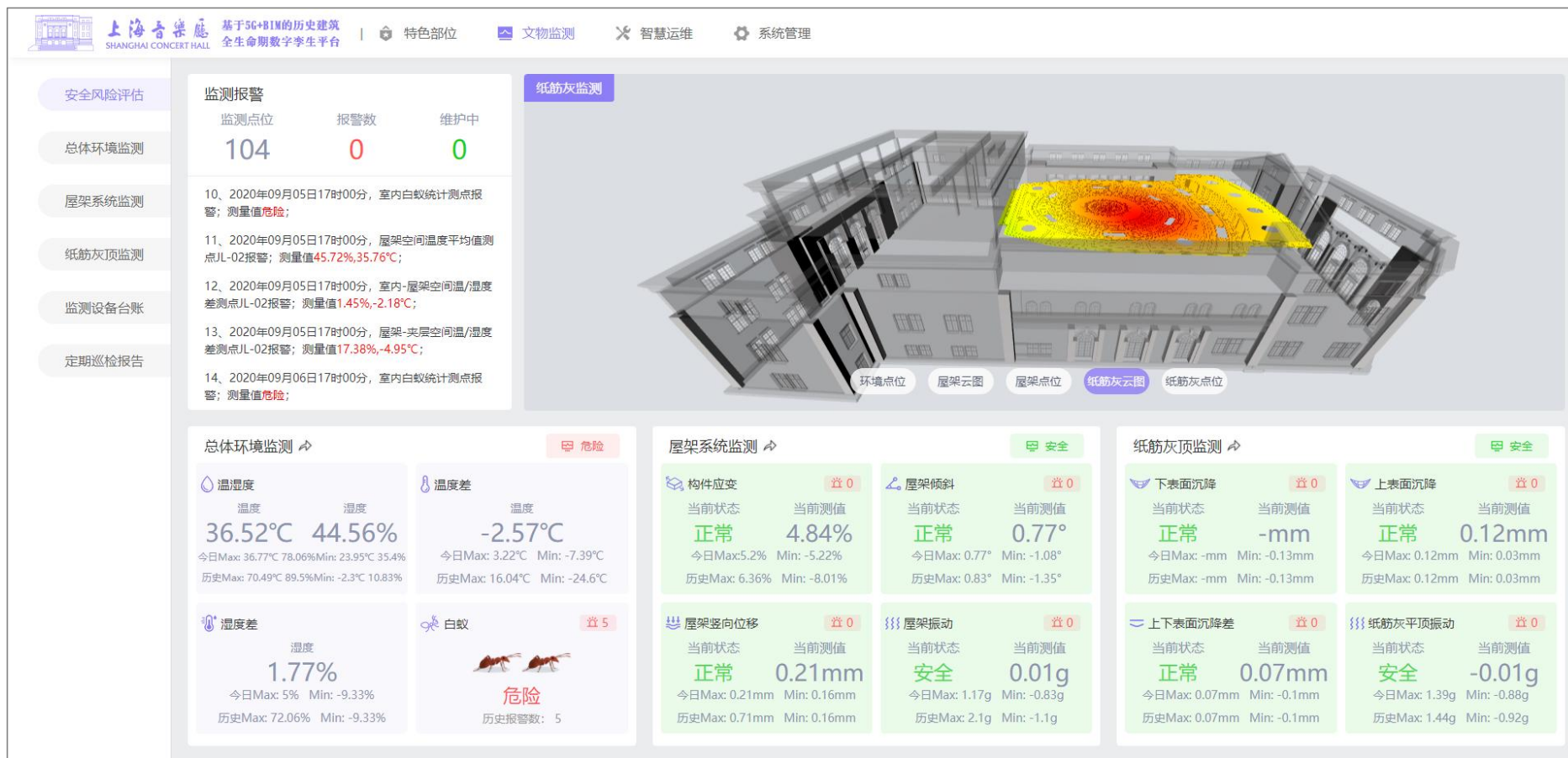
图例：
 ● 应变计
 ▲ 倾角仪
 ● 温湿度传感器
 ■ 数据采集柜
 ■ 静力水准仪
 ▲ 振动传感器
 ● 白蚁传感器

大顶及木屋架监测传感器布置图



图例：HW-X-X: 距离激光测距设备
 LX-X-X: 拉线式位移计

观众厅大顶智能监测管理平台



3

典型案例

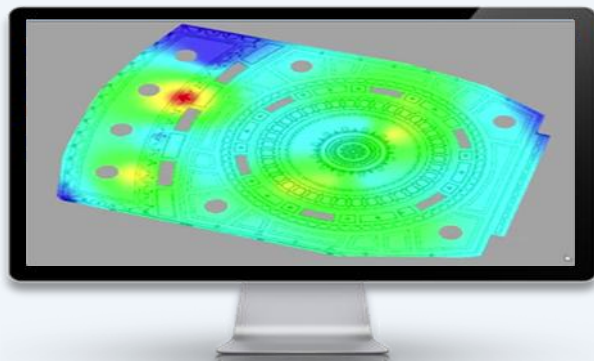
Typical Case



安全监测可视化管理

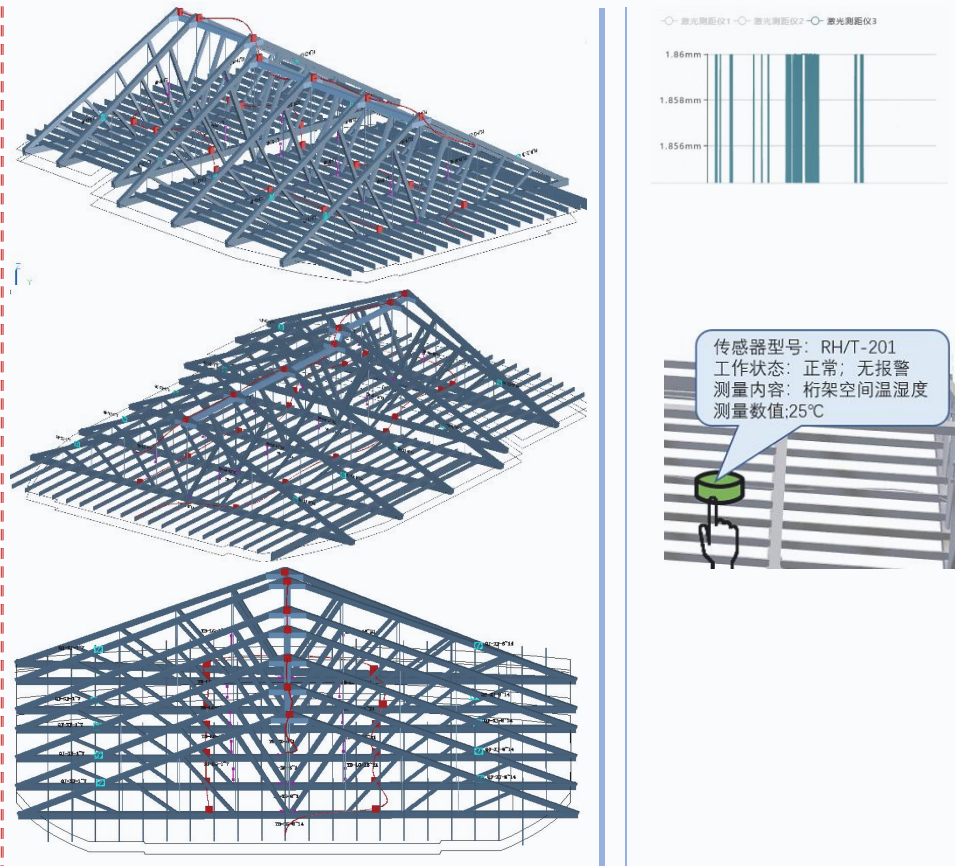
- 安全状况数字化评估
- 安全监测可视化管理

2) 可视化监测结果展示模型

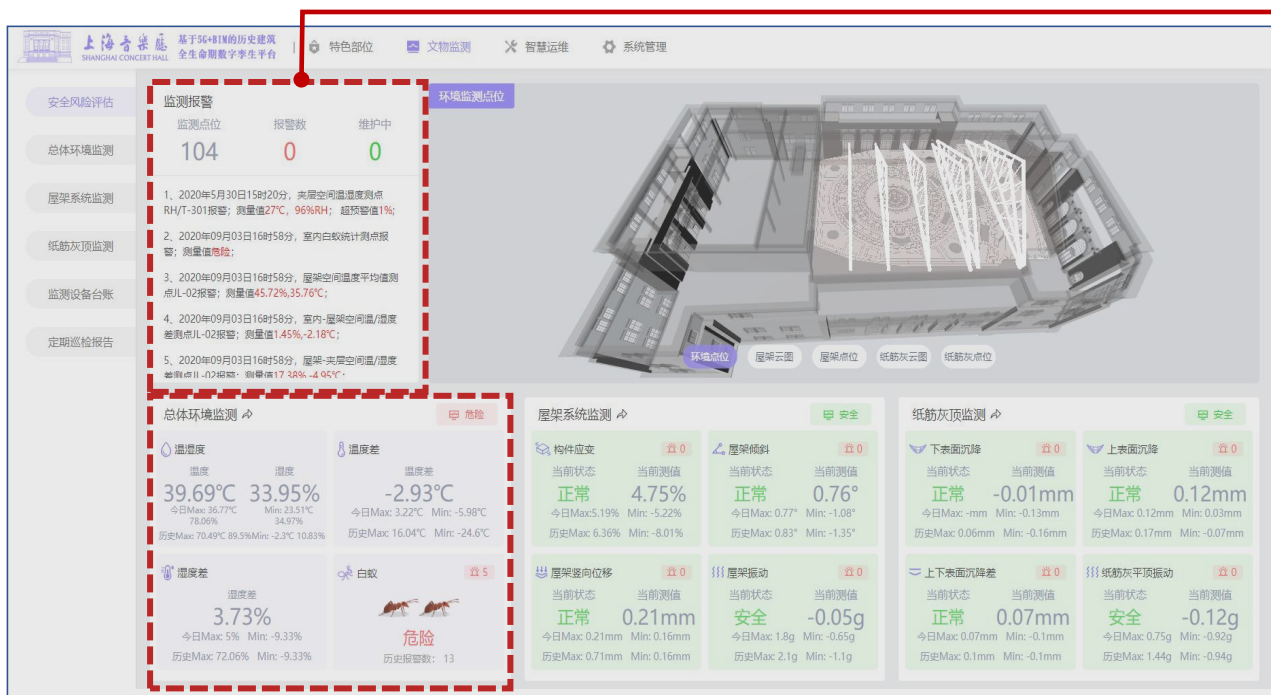


1) 高真实的大顶三维监测模型

- 视角变换、漫游体现大顶监测场景
- 查看各构件监测设备点位、性能和工作状态



风险智能监控与预警



1) 大顶监测评估区

- 大顶结构构件安全评估分;
- 大顶周边环境情况;
- 监测设备及系统工作运行情况;

大顶服役安全指数

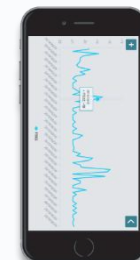
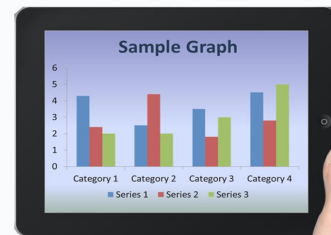


大顶周边环境状况



2) 大顶监测预警功能

- 监测评估可以在大屏、网页端、微信端进行读取和展示
- 提前介入与判别, 保障大顶正常使用



3

典型案例

Typical Case

智慧剧场运维管理

- 空间数字管理
- 机电设备管理
- 能耗节能管理
- 视频安防系统



PART 4rd
Prospect

4 展望



赋能历史建筑
科学修缮与预防性保护

助力既有建筑
更新改造与可持续利用

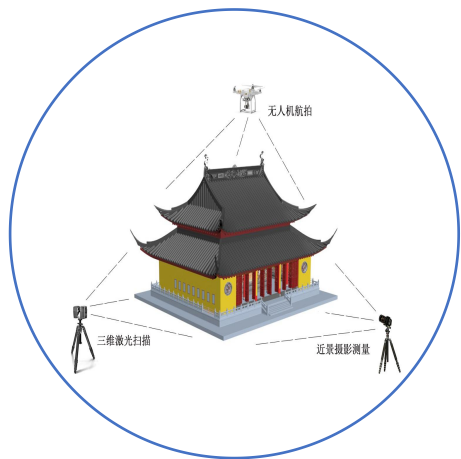
数字孪生

全生命周期

绿色
更新

数字
更新

安全
更新



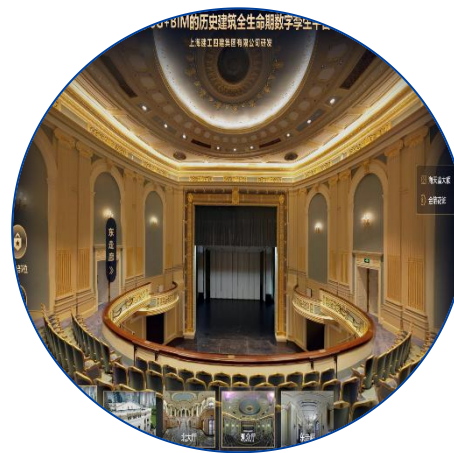
科学化评估

数字查勘
损伤诊断
材性分析
配比复原



精细化修缮

深化设计
工艺设计
最小干预
效果评估



预防性保护

数字孪生
实时监控
定期检测
精准处置

感谢您的聆听
敬请批评指正



上海建工四建集团有限公司

2022年12月13日